Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 355-365
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۶۵-۳۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

غربال شش رقم انار (*Punica granatum* L.) تجاری ایرانی برای تحمل به تنش خشکی بر اساس برخی عناصر غذایی برگ

محمود اثنی عشری[1*]- اسفندیار حسنی مقدم[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

چکیده

به منظور بررسی پاسخ شش رقم انار تجاری ایران به تنش خشکی آزمایشی بر اساس میزان برخی از عناصر غذایی برگ انجام شد. این مطالعه بصورت یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار درشش سطح (رباب نی‌ریز، نادری‌بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس‌یزدی و شیرین‌شهوار) و ۲- تنش خشکی در سه سطح شامل بدون تنش خشکی (۸۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، شاهد)، خشکی متوسط، (۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و خشکی شدید (۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در گلخانه اجرا گردید. نتایج این مطالعه نشان داد میزان عناصر غذایی در تمامی ارقام مورد مطالعه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت، اما پاسخ آن به تنش متفاوت بود. میزان عناصر غذایی آهن، روی، مس، منگنز، سدیم و فسفر بر مبنای وزن خشک در شرایط تنش خشکی کاهش یافت در حالی‌که غلظت عنصر پتاسیم تحت تنش خشکی روند افزایشی داشت. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش به ترتیب ارقام رباب نی ریز و ملس یزد از نظر جذب عناصر غذایی در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه دارای تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی بودند. بالاترین میزان آهن (۱۲۶/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، روی (۳۹/۹ میلی‌گرم در گرم)، مس (۱۳ میلی‌گرم در گرم)، منگنز (۵۱/۸ میلی‌گرم در گرم) و پتاسیم (۲/۱۱ درصد) در رقم رباب نی‌ریز حاصل شد. بنابراین استفاده از این رقم در شرایط تنش خشکی مشابه پیشنهاد می‌گردد. در بین ارقام مورد بررسی ارقام نادری بادرود و اردستانی مه ولات بیشترین حساسیت را به تنش خشکی داشتند و ارقام شیرین شهوار یزد و شیشه‌کپ فردوس از این نظر مقاومت متوسطی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آهن، روی و پتاسیم، ظرفیت زراعی، وزن خشک

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از مهمترین محصولات باغی ایران است که به دلایل متعدد از جمله ویژگی‌های کم‌نظیر دارویی (۱۷) و همچنین مطرح بودن آن به عنوان محصول پاک (مصرف حداقل سم و کود شیمیایی در باغ‌های انار) از جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات باغی و به خصوص در طب سنتی برخوردار است. انار از جمله گیاهانی است که قسمت‌های مختلف آن از قبیل میوه، برگ، گل، پوست، شاخه و ریشه دارای خواص دارویی متعددی است (۲۲). ایران دارای متنوع‌ترین و غنی‌ترین مخزن ژنی ارقام انار دنیا می‌باشد، بطوری‌که تاکنون بیش از ۷۶۰ رقم انار از استان‌های مختلف کشور جمع‌آوری شده است (۸). ایران با داشتن حدود ۶۸ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه حدود ۹۹۰ هزار تن انار مقام اول سطح زیر کشت و تولید را در جهان دارد (۱).

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی و مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در جهان است و تقریباً تولید را در ۲۵ درصد زمین‌های کشاورزی جهان محدود می‌کند. ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان)، در زمره مناطق خشک دنیا طبقه‌بندی می‌شود (۵). یکی از

۱- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.esnaashari@basu.ac.ir)
۲- دانش آموختهٔ دکتری دانشگاه بوعلی سینا و استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2021.60222.0

راه‌کارهای مطمئن برای جلوگیری از مصرف نامناسب آب و صرفه‌جویی در منابع موجود آب در کشاورزی، استفاده از ارقام و گونه‌های گیاهی مقاوم و یا متحمل به کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (۱۶).

تنش کم‌آبی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها، مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش کم آبی اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است (۷). مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت موجود، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دست‌خوش تغییر و تحول می‌شود. اگرچه برخی از سیستم‌های انتقالی عناصر، نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کم‌تری جهت انتقال عناصر غذایی نیازمند است، اما برخی دیگر از سیستم‌های انتقال، همانند جریان توده‌ای، وابستگی زیادی به مقدار رطوبت خاک داشته و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که به وسیله این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (۲۷). عناصر معدنی در خاک‌های خشک قابلیت تحرک کمتری دارند زیرا منافذ موجود بین ذرات خاک با هوا پر شده و مسیر جریان عناصر از خاک به طرف ریشه‌طولانی‌تر می‌شود. چون میزان انتشار یون‌ها به طرف ریشه در بیشتر مواقع عامل محدود کننده جذب عناصر معدنی است، کاهش مقدار آب در دسترس عامل موثرتری در کاهش رشد گیاه نسبت به کمبود جذب عناصر می‌باشد (۲۵). از طرفی کاهش میزان تعرق که به دنبال بسته شدن روزنه‌ها پدید می‌آید، هم میزان جذب عناصر معدنی توسط ریشه و هم سرعت انتقال مواد به سمت شاخه را کاهش می‌دهد (۹). طی دوره خشکی، سرعت رشد و جذب مواد معدنی تواماً ممکن است کاهش پیدا کنند و درنتیجه غلظت مواد معدنی در گیاه ثابت بماند (۱۶).

به نظر می‌رسد که تنش خشکی فعالیت ریشه‌های پیرتر را متوقف می‌کند. فقط نوک ریشه‌ها در منطقه تارهای کشنده، جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند و در طول تنش خشکی جذب آنیون‌ها بیشتر از کاتیون‌ها محدود می‌گردد و دلیل آن خاصیت اسمزی بیشتر آنهاست (۱۳). در میان عناصر غذایی، پتاسیم یکی از مهمترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که در مورد تجمع آن در هنگام تنش اسمزی نتایج زیادی گزارش شده است. نقش این کاتیون در تنظیم اسمزی و کنترل روزنه‌ای بیان شده است. سرعت بالای انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی موجب حفظ غلظت این یون در برگ‌ها می‌شود (۲۶). پتاسیم هم در تنظیم اسمزی و هم در تنظیم روابط آب در گیاه اهمیت دارد. از طرف دیگر، به دلیل غلظت بالای پتاسیم در سیتوپلاسم، این عنصر سبب خنثی شدن بار آنیون‌های درشت غیر محلول و محلول (نظیر آمینواسیدهای آلی و آنیون‌های معدنی) شده و pH سلول را در حدود مطلوب واکنش‌های آنزیمی ثابت نگه می‌دارد (۴). تنش خشکی باعث افزایش جذب پتاسیم گردید. گزارش‌های محققان مختلف نیز این مسئله را تایید می‌کنند که جذب پتاسیم در هنگام تنش خشکی افزایش می‌یابد. آن‌ها علت این امر را مکانیسم جذب فعال این یون دانسته‌اند. علت دیگری که محققین برای افزایش جذب پتاسیم در گیاه پیشنهاد نموده‌اند آن است که در شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی خاک باعث رها شدن پتاسیم از بین لایه‌های رسی شده و غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را بیش‌تر می‌کند (۱۹). در مورد عناصر روی و مس نیز روندی مشابه عنصر پتاسیم در گیاه دیده می‌شود، اما تنش آبی باعث کاهش جذب عنصر منگنز گردیده است. منگنز و آهن از نظر جذب توسط گیاه رابطه عکس با یکدیگر دارند، به طوری‌که افزایش جذب منگنز باعث کاهش جذب آهن می‌گردد (۲۷). آهن یکی از عناصر کم‌مصرف بسیار مهم برای گیاهان به حساب می‌آید که کمبود آن منجر به بروز زردی، کاهش فتوسنتز و غلظت کلروفیل و تاثیر برغلظت سایر عناصر فلزی در بافت‌های گیاهی می‌شود. محققین بیان نموده‌اند که کاتیون‌های دو ظرفیتی نسبت به یک ظرفیتی بیش‌تر جذب می‌شوند و جذب آنیون‌ها نیز محدود می‌گردد (۲۱).

جوادی و ارزانی (۳) گزارش کردند که میزان برخی از عناصر غذایی مانند پتاسیم و فسفر برگ در تعدادی از ارقام گلابی تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت. ارجی و ارزانی (۲) در بررسی اثر کم‌آبی روی برخی ارقام زیتون گزارش کردند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ‌های ارقام تحت تنش کاهش پیدا نمود. خطاب و همکاران (۱۸) طی گزارشی تغییرات جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم را در درختان انار تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش غلظت این عناصر در برگ‌ها گردید.

با توجه به اینکه تنش خشکی از عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، بنابراین تحقیق روی مکانیسم مقاومت گیاهان به کم‌آبی حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش غربال شش رقم انار تجاری ایران در مقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر اساس روند تغییرات عناصر غذایی در برگ آن‌ها می‌باشد. نتیجه نهایی آزمایش‌ها منجر به معرفی متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم به تنش خشکی از بین ارقام انار مورد مطالعه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش

عملیات اجرایی این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد اجرا شد. آزمایش‌های مورد نظر به دلیل

شـرایط اقلیمی مشـابه دو اسـتان لرستان و کرمانشاه در دو آزمایشگاه شامل آزمایشگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منابع طبیعی استان لرستان و آزمایشگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشـاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام گردید.

مواد گیاهی

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق نهال‌های یک‌ساله ریشه دار شـش رقم انار تجاری شـامل: رباب‌نی‌ریز، نادری‌بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردسـتانی مه‌ولات، ملس‌یزدی و شـیرین‌شـهوار بودند که از لحاظ سـن، قطر و اندازه نهال یکسان انتخاب شدند. رقم رباب نی ریز از نهالستان دارای مجوز از موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال کشور در اسـتان فارس؛ ارقام نادری‌بادرود، شـیشـه‌کپ فردوس خراسـان و اردستانی مه ولات از ایستگاه تحقیقات انار ساوه و ارقام ملس‌یزدی و شـیرین‌شـهوار یزد از مرکز تحقیقات کشـاورزی و منابع طبیعی استان یزدتهیه شدند.

طرح آزمایش و نحوه اعمال تیمارها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار (شمال ارقام رباب نی ریز، نادری بادرود، شیشه کپ فردوس، اردستانی مه ولات، ملس یزدی و شـیرین شـهوار یزد) و ۲- تنش خشکی در ۳ سـطح (رطوبت ۸۰ درصـد ظرفیت زراعی[1] "تیمار شـاهد"، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی "خشکی متوسط" و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی "خشکی شـدید") بود که در قالب طرح کاملاً تصـادفی و در سـه تکرار اجرا گردید. هر واحد آزمایشـی شـامل پنج نهال گلدانی بود. نهال‌ها در گلـدان‌هـای پلاسـتیکی ۱۵ لیتری (ارتفـاع ۳۴ و قطر دهـانـه ۳۲ سـانتی‌متر) حاوی ترکیب کود حیوانی، ماسـه و خاک به نسبت ۳:۱:۱ کاشـته شدند. قبل از انتقال نهال‌ها به گلدان، ریشه آنها با مخلوط آب و کود حیوانی حـاوی قـارچ‌کش مـانکوزب (۲ در هزار) ضـد عفونی گردیدند. به منظور تهویه و بهبود زهکشی، در کف هر گلدان به میزان مسـاوی شـن درشـت ریخته شد. آزمایش‌های مربوط به تعیین میزان رطوبـت خـاک در حد ظرفیت زراعی و ویژگی‌های فیزیکوشـیمیایی خاک مورد اسـتفاده در آزمایشـگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منابع طبیعی اسـتان لرسـتان انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده

Table 1- Some of physicochemical properties of used soil

بافت خاک Soil texture			فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	آهن Iron (ppm)	روی Zinc (mg.kg^{-1})	مس Cupper (ppm)	منگنز Manganese (ppm)	پی-اچ pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)
شن Sand (49%)	سیلت Silt (31%)	رس Clay (20%)	19.7	790	15.9	2.3	1.4	10.5	7.4	0.713	1.72

محاسبات رطوبتی جهت اعمال تنش خشکی

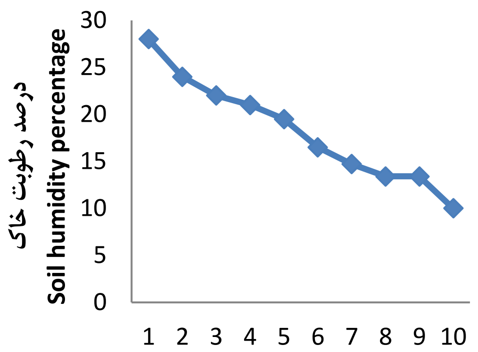
برای محاسـبه میزان رطوبت خاک از میانگین رطوبت شـش گلدان اسـتفاده گردید. بدین منظور گلدان‌ها در روز اول آبیاری شدند تـا آب زهکشـی از آن‌هـا خـارج گردیـد. جهت ممانعت از تبخیر از گلدان‌ها، سـطح فوقانی آن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد. بعد از ۲۴ سـاعت نمونه برداری از خاک گلدان شروع گردید و به مدت ۱۰ روز، درصد رطوبت خاک طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد رطوبت خاک} = \frac{\text{وزن ثانویه خاک} - \text{وزن اولیه خاک}}{\text{وزن ثانویه خاک}} \times ۱۰۰$$

بدین ترتیب داده‌ها بر حسـب روز حاصـل شد و منحنی رطوبتی ترسیم گردید (شکل ۱). بر این منوال ۴۸ ساعت بعد از آبیاری گیاهان، رطوبت خاک به حد تیمار شـاهد یعنی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. برای اعمال سـطوح مختلف تنش، از روش وزنی استفاده گردید. بدین صـورت که بعد از محاسـبه ظرفیت زراعی، سایر سطوح تنش بصورت درصـدی از رطوبت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شـد و مقدار کاهش

1- Field capacity

رطوبت تا رسیدن به مقدار رطوبت مورد نظر بر حسب گرم محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید. برای این منظور کرتی به ابعاد ۲×۲ متر مربع در منطقه تحت پوشش هر خاک ایجاد و آبیاری شد تا به رطوبت نزدیک به اشباع برسد سپس برای جلوگیری از تبخیر از سطح خاک و نفوذ باران سطح کرت با پلاستیک پوشیده شد. رطوبت حجمی و ارتفاع فشار آب خاک به صورت روزانه به ترتیب با استفاده از تانسیومتر و حسگرها در سه عمق اندازه گیری شدند و میزان ظرفیت زراعی تعیین شد. لازم به ذکر است که توزین و محاسبه میزان رطوبت مورد نظر در طول مدت تنش روزانه محاسبه شد. برای هر یک از سطوح تنش رطوبتی، وزن نهایی گلدان در سطح تنش مذکور محاسبه و جهت رسیدن وزن گلدان به مقدار مورد نظر به آن آب اضافه گردید تا به سطح تنش مورد نظر رسید و در همان روز در سطح تنش مد نظر حفظ گردید. نهال‌ها به مدت شش هفته (از ۱ خرداد تا ۱۲ تیر ماه) در معرض تنش خشکی قرار گرفتند و سپس میزان عناصر غذایی برگ، به شرح ذیل مورد اندازه‌گیری و ارزیابی واقع شدند.



شکل ۱- روند تغییرات رطوبت خاک مورد مطالعه طی ۱۲ ماه

Figure 1- The changes in soil humidity during 12 months

روش نمونه برداری از برگ

در آخرین روز اجرای آزمایش که نهال‌ها از نظر سنی دارای ارتفاع حدود ۸۰ سانتی‌متری بودند مربوط به هر یک از سطوح تنش خشکی، برگ‌های بالغ و سالم هر نهال از گره‌های سوم تا پنجم ساقه اصلی انتخاب و نمونه برداری شدند. نمونه‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در دمای اتاق و در سایه خشک گردیدند.

عناصر غذایی برگ

پس از اعمال تیمارهای خشکی بعد از شش هفته، میزان عناصر غذایی آهن، روی، مس، منگنز، سدیم، پتاسیم و فسفر به شرح ذیل مورد سنجش قرار گرفتند برای اندازه‌گیری عناصر غذایی فوق، از هر واحد آزمایشی یک گیاه و از هر گیاه چند برگ توسعه یافته انتخاب و به عنوان نمونه جهت ارزیابی مقدار این عناصر استفاده گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده بعد از شستشو با آب شهر و سپس با آب مقطر، در آون (مدل بیندر[1]) در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند و سپس توسط آسیاب (مدل فوس[2]) به صورت پودر درآمدند و نهایتاً از از غربال دارای منافذ ۴۰ میکرون عبور داده شدند. پودر مذکور در پاکت‌های کاغذی برای عصاره‌گیری نگهداری شد. انجام آزمایش شامل دو مرحله به شرح ذیل بود.

انجام آنالیزها

برای اندازه‌گیری فسفر کل از روش کالریمتری با ایجاد رنگ زرد وانادات و مولیبدات استفاده شد. بدین منظور مقدار مشخصی از عصاره حاصل با یون‌های وانادات و مولیبدات مخلوط گردید و میزان رنگ زرد با استفاده دستگاه اسپکتروفتومتر مدل تین وی[3] سنجش شد (۱۴). برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم روش نشر شعله‌ای[4]و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل کورنینگ[5] با طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر به کار گرفته شد. برای اندازه‌گیری چهار عنصر آهن، روی، مس و منگنز از دستگاه جذب اتمی[6] مدل پرکین المر[7] استفاده گردید. بدین منظور پس از رقیق و آماده شدن محلول توسط لامپ‌های مربوط غلظت هر عنصر مورد سنجش قرار گرفت (۱۰).

تجزیه داده‌ها

تمامی دادهای بدست آمده از آزمایش‌های این پژوهش توسط نرم‌افزار SAS-9.1 تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نیز توسط نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

میزان عناصر غذایی

اثر ساده رقم بر غلظت کلیه عناصر مورد بررسی بجز سدیم معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) گردید. هم چنین اثر ساده تنش خشکی بر غلظت

1- Binder
2- Foss
3- Tenway
4- Atomic emission spectrometry
5- Corning
6- Atomic absorbtion
7- Perkin elemer

عناصـر مورد بررسـی بجز منگنز و سدیم معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شد. اثر متقابل تنش و رقم بر میزان عناصـــر آهن، روی و مس در ســـطح ۱ درصـد و بر عنصــر پتاسـیم در سـطح ۵ درصد معنی‌دار گردید، اما اثر متقابل این دو فاکتور بر غلظت عناصـر منگنز، سدیم و فسفر معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان برخی عناصر غذایی در برگ شش رقم انار

Table 2- ANOVA for the effect of cultivar and drought stress on some nutrient elements in six pomegranate cultivar leaves

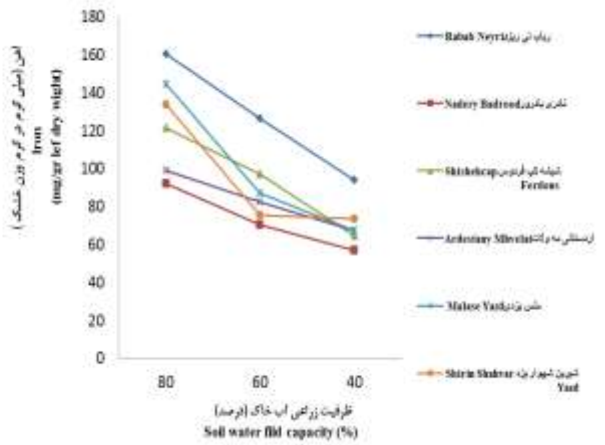
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square						
		آهن Iron	روی Zinc	مس Cupper	منگنز Manganese	سدیم Sodium	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
رقم Cultivar	5	4424**	692**	65**	4730**	0.047ns	0.73**	0.29**
تنش خشکی Drought Stress	2	12256**	1232**	38**	153 ns	0.003ns	0.064**	1.34**
رقم×تنش خشکی Cultivar×Drought Stress	10	740**	49**	3.63**	317 ns	0.026ns	0.001ns	0.02*
خطا Error	36	35	13	0.1	2282	0.69	0.003	0.009
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	6.24	12.93	3.67	1993	47.4	12.47	5.17

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار

* and **, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively and ns non-significant.

آهن

نتایج تجزیه واریانس اثرات رقم و تنش خشـکی بر میزان عنصـر آهن در جدول ۲ نشـان داده شـده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان آهن تفـاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) بـا یکدیگر نشـــان دادند. همچنین، اثر تنش خشـکی بر میزان آهن در سـطح ۱درصـد معنی‌دار بود. علاوه بر این اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر میزان این عنصر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) گردید. بر اسـاس نتایج مقایسـه میانگین‌ها بطور کلی تنش خشـکی باعث کاهش غلظت عنصر آهن در برگ ارقام انار مورد آزمایش شــد (شــکل ۲). کمترین غلظت این عنصـــر در تنش خشـکی شـدید مشـاهده شـد و بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصر آهن مشاهده گردید. در هر سه رژیم رطوبتی مورد مطـالعـه بالاترین میزان عنصـــر آهن در برگ‌های رقم رباب نی‌ریز با میانگین ۱۲۶/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشــک برگ به دست آمد. بعد از رقم رباب نی ریز به ترتیب ارقام ملس یزدی، شیرین شـهوار یزد، شـیشـه کپ فردوس و ارستانی مه ولات دارای بیشترین غلظت عنصـــر آهن بودند. کمترین مقدار این عنصـــر در رقم نادری بادرود با ۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشــک برگ و در تنش خشــکی شدید مشاهده شد. حد بهینه آهن بین ۸۴ تا ۱۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).



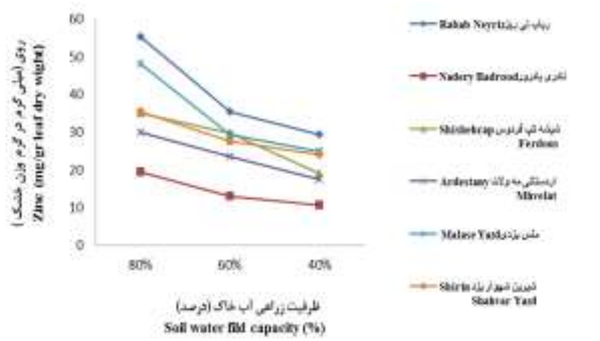
شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان آهن برگ شش رقم انار

Figure 2- The interaction effect of drought stress on iron leaf content in six pomegranate cultivars

روی

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عنصر روی در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر غلظت روی تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشـان دادند. همچنین،

اثر تنش خشکی بر میزان روی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این، اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر غلظت این عنصر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) گردید. همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد، در همه ارقام مورد بررسی روند کاهش میزان عنصر روی برگ تحت تنش خشکی مشاهده گردید. بر این اساس کمترین غلظت این عناصر در برگ نهال‌ها در تنش خشکی شدید مشاهده شد. بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصر روی مشاهده گردید. بالاترین میزان عنصر روی در دو رقم رباب نیریز) و رقم ملس یزدی به ترتیب ۳۹/۹ و ۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک به دست آمد. بعد از این ارقام به ترتیب ارقام شیرین شهوار یزد، شیشه کپ فردوس و ارستانی مه ولات دارای بیشترین غلظت عنصر روی بودند. رقم نادری بادرود با میانگین ۱۴/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تنش رطوبتی شدید دارای کمترین مقدار عنصر روی بود. حد بهینه روی بین ۹ الی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).

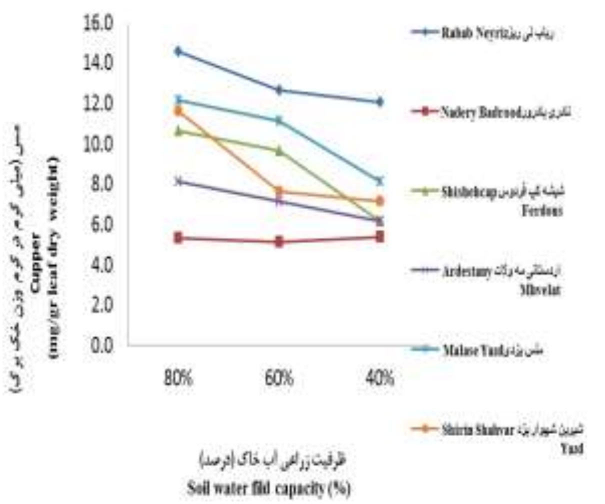


شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان روی برگ شش رقم انار

Figure 3- The interaction effect of drought stress on zinc leaf content in six pomegranate cultivars

مس

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عنصر مس در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان عنصر مس تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشان دادند. همچنین، اثر تنش خشکی بر مقدار عنصر مس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این، اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صفت معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تنش خشکی باعث کاهش غلظت عنصر مس در برگ‌ها شد و در همه ارقام با افزایش شدت تنش خشکی میزان عنصر مس کاهش یافت (شکل ۴). بیشترین و کمترین غلظت این عنصر در برگ نهال‌ها به ترتیب در شرایط بدون تنش (تیمار شاهد) و تنش خشکی شدید مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین رژیم‌های مختلف رطوبتی هم تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصر مس مشاهده گردید. در هر سه رژیم رطوبتی مورد مطالعه رقم رباب نی‌ریز و ملس یزدی به ترتیب با ۱۳ و ۱۰/۴ میلی‌گرم مس در گرم وزن خشک برگ دارای بالاترین غلظت عنصر مس بودند. در رقم رباب نی‌ریز بین سطوح تنش متوسط و تنش شدید تفاوت معنی‌دار در جذب عنصر مس مشاهده نگردید. کمترین میزان جذب این عنصر در هر سه رژیم رطوبتی در رقم نادری بادرود و اردستانی مه ولات به ترتیب با ۵/۲ و ۷/۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ مشاهده گردید. دو رقم شیشه کپ فردوس و شیرین شهوار یزد بدون داشتن تفاوت معنی‌دار حد واسط دو گروه فوق قرار گرفتند. حد بهینه مس بین ۹ الی ۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان مس برگ شش رقم انار

Figure 4- The interaction effect of drought stress on cupper leaf content in six pomegranate cultivars

منگنز

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عنصر منگنز در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر عنصرمنگنز تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشان دادند. ولی، اثر تنش خشکی بر میزان عنصر منگنز و همچنین، اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صفت معنی‌دار نشد. اگر چه تنش خشکی تاثیری بر غلظت عنصر منگنز در برگ ارقام انار مورد آزمایش نداشت، ولی بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده شد. ارقام انار رباب نیریز و ملس یزدی با میانگین ۵۱/۸ و ۵۲/۴ میلی‌گرم منگنز در گرم وزن خشک برگ بدون تفاوت معنی‌دار بیشترین میزان غلظت این عنصر را به خود اختصاص دادند. رقم شیرین شهوار با میانگین ۴۴/۱ میلی‌گرم در رتبه بعدی قرارگرفت. کمترین میزان غلظت عنصر منگنز در رقم نادری بادرود با میانگین ۲۶/۶ میلی‌گرم در گرم وزن

خشـک برگ مشـاهده شـد. دو رقم اردسـتانی مه‌ولات و شـیشه کپ فردوس بدون تفاوت معنی‌دار از این نظر حد واسـط دو گره فوق قرار گرفتند. حد بهینه منگنز بین ۴۴-۶۵ میلی گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).

سدیم

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشـکی بر میزان عنصـر سدیم در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان سدیم موجود در برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. علاوه بر این، اثر تیمارهای تنش خشـکی بر غلظت سدیم و هم‌چنین اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صفت معنی‌دار نگردید.

فسفر

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشـکی بر میزان عنصـر فسـفر در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر فسـفر تفاوت معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) با یکدیگر نشان دادند. همچنین، اثر تنش خشکی بر فسفر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صـفت معنی‌دار نگردید. بر اسـاس نتایج مقایسـه میانگین‌ها تنش باعث کاهش غلظت عنصـر فسفر در برگ‌ها شـد و کمترین غلظت این عنصـر در برگ نهال‌ها در خشـکی شـدید مشـــاهده گردید. بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصـر فسـفر دیده شد. غلظت فسفر در گیاه معمولا بین ۰/۲ تا ۰/۴ گزارش شده است (۲۴). در این مطالعه ارقام نادری بادرود با ۰/۳۴ درصـد و اردسـتانی مه ولات با ۰/۴۶ درصـد دارای کمترین غلظت فسـفر در برگ‌های خود بودند. بالاترین غلظت این عنصـر در برگ‌های رقم رباب نیریز با میانگین ۰/۶۱ درصد مشاهده گردید. ارقام شـیشـه کپ فردوس، ملس یزدی و شـیرین شـهوار یزد بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از این نظر حد واسط بقیه قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات رقم و تنش خشکی بر میزان برخی عناصر غذایی در برگ شش رقم انار

Table 3- The effect of cultivar and drought stress on some nutrient elements in the six pomegranate cultivar leaves

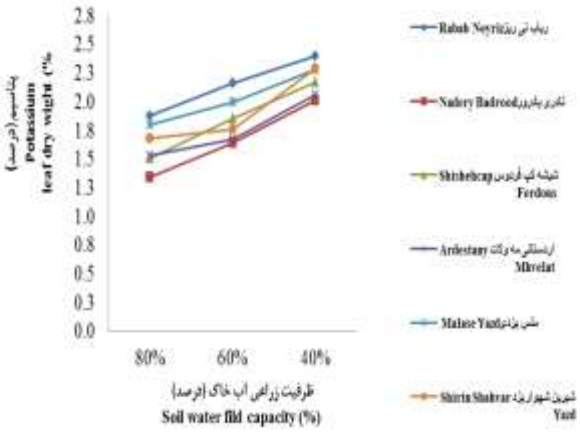
تیمار Treatment		آهن Iron (mg g^{-1} DW)	روی Zinc (mg. g^{-1} DW)	مس Cupper (mg. g^{-1} DW)	منگنز Manganese (mg. g^{-1} DW)	سدیم Sodium (mg .g^{-1} DW)	فسفر Phsporus (%)	پتاسیم Potassium (%)
رقم Cultivar	C1	126^{a}	39.9^{a}	13^{a}	51.8^{a}	0.41	0.61^{a}	$2. 1^{a}$
	C2	73^{e}	14.3^{e}	5.2^{e}	26.6^{d}	0.19	0.34^{d}	1.6^{d}
	C3	94^{d}	27.9^{c}	8.8^{c}	37.2^{c}	0.32	0.44^{b}	1.8^{b}
	C4	85^{d}	24.9^{d}	7.4^{d}	34.2^{c}	0.26	0.46^{c}	1.7^{c}
	C5	99^{b}	34^{b}	10.4^{b}	52.4^{a}	0.3	0.45^{b}	2.1^{a}
	C6	94^{c}	28.9^{c}	8.8^{c}	44.1^{b}	0.28	0.46^{b}	1.9^{b}
	MSE	1.8	1.09	0.56	0.22	0.32	0.32	0.22
تنش خشکی Drought stress	S1	125^{a}	37^{a}	10^{a}	41	0.31	0.52^{a}	1.6^{c}
	S2	89^{b}	26	9^{b}	42	0.29	0.44^{b}	1.8^{b}
	S3	70^{c}	21^{c}	7^{c}	38	0.29	0.4^{c}	2.1^{a}
	MSE	1.3	1.09	0.67	0.27	0.29	0.29	0.2

حروف مشابه در کنار اعداد هر ستون از هر بخش نشان دهنده عدم اختلاف آماری معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۰/۰۱ با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشند. MSE بیانگر خطای استاندارد بین میانگین‌ها است. حروفC1 تا C6 به ترتیب نشان دهنده ارقام انار رباب نیریز، نادری بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس یزد و شیرین شهوار یزد می‌باشند و حروف S1، S2 و S3 به ترتیب بیانگر رطوبت خاک به ترتیب شامل شاهد یا بدون تنش خشکی (۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک)، خشکی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) و خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) هستند. میانگین تیمارهای که دارای حرف مشتر هستند از نظر آماری نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۱ درصد است.

The means of treatments with the same letters have no significant differences statistically at 1% probability level based on DMRT. MSE shows standard error between the averages. C1 to C6 show the cultivars including: RababNeyriz, NaderyBadrood, ShishehcapFerdous, ArdestanyMahvelat, Malase Yazd and ShirinShavar Yazd respectively. S1, S2 and S3 show irrigation levels comprising of 80% field capacity (control), 60% field capacity (moderate drought) and 40% field capacity (severe drought), respectively.

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشـــکی بر میزان عنصـــر پتاسـیم برگ در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان پتاســیم برگ تفاوت معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشـان دادند. همچنین، اثر تنش خشـکی بر پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش خشکی بر این صفت در سـطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. همانطورکه شکل ۵ نشان می‌دهد در ارقام انار مورد بررســی، روند افزایش غلظت عنصــر پتاســیم تحت تنش مشـاهده شد. بیشترین میزان جذب این عنصر (۲/۱۱ درصد) در رقم رباب نیریز و و پس از آن (۲/۱ درصد) ملس یزدی و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در تنش خشـکی شـدید مشـاهده گردید. کمترین جذب پتاســیم مربط به رقم نادری بادرود با میانگین ۱/۶ درصـــد بود (شـکل ۵). بین رقم شیشه کپ فردوس و شیرین شهوار تفاوت معنی از این نظر مشـــاهـده نشـــد و ارقام اخیر بین دو گروه فوق‌الذکر قرار گرفتند. حد بهینه پتاسیم بین ۳ تا ۶/۶ درصد عنوان شده است (۱۲).



شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان پتاسیم برگ شش رقم انار

Figure 5- The interaction effect of drought stress on potassium leaf content in six pomegranate cultivars

نتیجه‌گیری و بحث

در تحقیق حاضـــر همانطور که شـــکل‌های ۲،۳،۴، و ۵ نشـــان می‌دهند، در همه ارقام مورد مطالعه تغییرات میزان عناصــر آهن، روی و مس با توجه به وجود تنش رطوبتی روند نزولی داشت و رابطه عکس بین شـدت تنش خشـکی و غلظت این عناصر دیده شد، بطوری‌که با افزایش شـدت تنش خشـکی میزان عناصر مذکور بطور مرتب کاهش یافت. ولی برای عنصـر پتاسـیم در همه ارقام تغییرات این عنصر روند صـعودی داشـت و رابطه مسـتقیمی بین شدت تنش خشکی و میزان عنصر پتاسیم مشاهده گردید، بطوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی غلظت عنصــر پتاسیم بطور مرتب افزایش یافت. بطور کلی با توجه به نتایج حاصــل از این تحقیق می‌توان گفت که میزان عناصــر در برگ درخت انار بســتگی به رقم دارد و تحت شــرایط تنش خشـــکی نیز تغییراتی در غلظت عناصــر کم مصــرف رخ می‌دهد. در این آزمایش تنش خشکی موجب کاهش غلظت فسفر، آهن، مس، روی و منگنز و افزایش غلظت پتاسیم در برگ شد. میزان کاهش عناصر آهن، مس و منگنز در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی در این مطالعه به ترتیب ۴۴، ۳۰ و ۴۳ درصــد بود که این کاهش می تواند بر فعـالیـت‌هـای فیزیولوژیکی گیـاهی مرتبط بـا تـأمین انرژی یـا تولید متابولیت های ثانویه اثرگذار بوده و کاهش آنها را به دنبال داشته باشد و در نتیجه گیاه در برابر شـرایط نامساعد ضعیف گردد. کاهش مقادیر عناصر در اندام‌های گیاهی در شرایط خشکی، مربوط به پیری زودرس و زوال برگ‌ها و سایر اندام‌های گیاهی تحت تنش می‌باشد. همچنین گزارش شده است که علــت کــاهش جــذب عناصـــر کم‌مصرف از جمله مس در شرایط شور می‌تواند ناشی از جذب بیـــشتر عناصــــری ماننـد سـدیم، منیـزیم و کلـسیم باشـد (۱۱).

لازم به ذکر اسـت پویایی جذب عناصـر غذایی توسـط بافت‌های گیاهی بسیار وابسته به شدت و مدت تنش خشکی و مرحله رشد گیاه می‌باشـد و به طور کلی تنش خشـکی، موجب کاهش سرعت جذب و انتقال عناصـر غذایی به سـمت اندام‌های هوایی گیاهان می‌شـود (۷). عنصر روی از عناصر ریز مغزی ضروری در ساخت پروتئین است و به عنوان کاتالیســت در واکنش‌های اکسـیداسـیون و احیا در بسـیاری از سـیستم‌های آنزیمی نقش دارد که در این مطالعه تنش خشکی میزان جـذب آن در گیـاه را کـاهش داده که به دنبال آن فرآیندهای گیاهی وابسته به این عنصر کاهش یافته و متناظر با آن عملکرد کمی و بعضا کیفی نیز کاهش می‌یابد. کاهش عنصر روی بر اثر تنش خشکی باعث کاهش میزان تولید هورمون رشـد اکسـین شده و از انتقال ایندول ۳- اسـتیک اسید جلوگیری می‌کند (۱۶) که کاهش رشد نهایی گیاه را در پی دارد. اگرچه جذب عنصـر روی در گیاه از طریق جذب فعال اسـت اما بر اثر تنش خشکی، روی به‌علت درگیری بین طبقات خاک، عملا" از دسترس گیاه دور مانده و مقدار آن به شدت کاهش می‌یابد (۲۰). در میان عناصـــر غذایی، پتاســیم یکی از مهمترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که درباره افزایش آن در هنگام تنش اسمزی گزارش‌های زیـادی وجود دارد و به نقش این کاتیون در تنظیم اســمزی و کنترل روزنه‌ای تاکید شده است (۲۶). در این مطالعه خشکی منجر به کاهش میزان پتاسیم از ۲/۱ تا ۱/۶ درصد شده که میزان کاهش آن در شرایط خشکی نسبت به شرایط نرمال حدود ۲۴ درصد بوده که قابل ملاحظه می‌باشـد. لوگان و همکاران (۱۹) بر این عقیده‌اند که در شـرایط تنش کم آبی، تر و خشک شدن متوالی خاک باعث رها شدن پتاسیم از بین

لایه‌های رسی شده و غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد. افزایش محتوای پتاسیم برگ در اثر تنش خشکی در بادام (۲۳) نیز گزارش شده است. فسفر دارای نقش‌های متعددی در گیاهان از جمله دخالت در انتقال انرژی در داخل سلول‌ها بوده و به‌عنوان تشکیل دهنده جزئی از اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها، فسفولیپیدها و اسید فیتیک عمل می‌کند (۶). با توجه به اینکه جذب فسفر از خاک ناشی از انتشار است لذا تنش خشکی با اختلال در این مکانیزم موجب کاهش شدید جذب این عنصر می‌گردد (۲۰). در این مطالعه نیز میزان جذب فسفر در شرایط خشکی نسبت به شرایط عدم وجود تنش خشکی حدود ۲۳ درصد کاهش یافته است که از نظر آماری قابل ملاحظه می‌باشد. کاهش محتویات فسفر در اندام‌های گیاهی تحت تنش خشکی توسط جی و همکاران (۱۵) گزارش شده است. خطاب و همکاران (۱۸) گزارش دادند که افزایش میزان آب آبیاری از ۷ متر مکعب به ۱۵ متر مکعب برای هر درخت طی فصل رشد باعث افزایش میزان نیتروژن از ۱/۸ به ۲/۸درصد، فسفر از ۰/۲۲ به ۰/۲۷ درصد، پتاسیم از ۱/۴۵ به ۱/۶۶ درصد و کلسیم از ۱/۳ به ۱/۶۳ درصد گردید. بنابراین کاهش میزان آب آبیاری باعث کاهش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم درختان انار می‌شود. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با یافته‌های آنان در خصوص جذب عناصر یاد شده به غیر از فسفر مطابقت دارد.

میزان عناصر غذایی تحت تاثیر تنش خشکی و رقم قرار گرفت. میزان عناصر آهن، روی، مس و فسفر برگ در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان داد، اما میزان عنصر پتاسیم برگ تحت شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بین عناصر منگنز و سدیم تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش خشکی مشاهده نگردید. در مجموع به نظر می رسد که در بین ارقامی که در این تحقیق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند، ارقام رباب نیریز و ملس یزدی از نظر جذب عناصر غذایی بررسی شده توانایی بیشتری برای تحمل به تنش خشکی داشتند و ارقام نادری بادرود و اردستانی مه‌ولات از این نظر نتوانستند به خوبی استفاده کنند، لذا به عنوان ارقام با تحمل پایین تر یا ارقام حساس به تنش خشکی نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه اعلام می‌گردند. علاوه بر این دو رقم شیشه کپ فردوس و شیرین شهوار حد واسط دو گروه فوق قرار گرفتند.

منابع

1- Anonymus. 2011. Horticulture Crop Results Statistics Vezarah Jihad Press, P: 95. (In Persian)
2- Arji I., and Arzani K. 2002. Evaluation of the Growth Response and Prolin Accumulation of Three Iranian Native Olive Cultivars under Drought Stress. Journal of Agricultural Science and Natural Resurce 91-101. (In Persian with English abstract)
3- Arzani K. 2000. Study on the adaptation of some Asian pear cultivars (Pyrus serotinaRehd. in Iran. VIII International Symposium on pear, 5- 10 September. Bologna, Itaky. P. 79. (In Persian)
4- Ashly M.K., Grant M., and Grabov A. 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. Experimental Botany 57: 425-436.
5- Avaz K., and Nasyreimhalatei M. 1994. Agronomy Plant Ecology, Jehad Daneshgahi Press pp: 291. (In Persian)
6- Babalar M., and Pirmoradian M. 1999. Fruits Tree Nutrition, Tehran University Press. Pp; 361. (In Persian)
7- Banziger M., Edmeades GO., and Lafitte HR. 1999. Selection for drought tolerance increase maize yields over of N level. Crop Science 39: 1035-1040.
8- Behzadeishrbabahei H. 1998. Diversity Of Pomegranate Cultivars Bof Iran Karaj Agricultur Education, PP: 265. (In Persian)
9- Bradford K.J., and Hsiao TC. 1982. Physiological responses to moderate water stress. Physiological Plant Ecology 263-324.
10- Chapman H.I., and Pratt P.F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. The University of California's Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
11- El-Fouly M., Mobarak Z.M., and Salama Z.A. 2001. Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. Proc. of XIV Intl. Plant Nutrition Colloquium, 28 July- 4 Aug., 2001, Hanover, Germany, pp. 422-423
12- Faizizadeh M., And Samadi A. 2016. Estimation of reference figures of the integrated system of diagnosis and recommendation for evaluating the nutritional status of onions. Iranian Soil and Water Research 47(4): 785-797.
13- Graham RD. 1993. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to trace elements. Advances in Botanical Research 10: 221-276.
14- Hassibi P. 2007. Physiological study of the effect of cold stress on seedling stage of different rice genotypes. Doctoral dissertation of Shahid Chamran University of Ahvaz. P.145.
15- Ji K., Wang Y., Sun W., Lou Q., Mei H., Shen S., and Chen H. 1012. Drought-responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage. Plant Physiology 169: 336-344.
16- Kafei M., and Mahdavei Damghanei A.M. 2009. Mechanisms of environmental stress resistance in plants, Ferdousi Mashhad University press pp 476. (In Persian)

17- Kaur G., Jabbar Z., Athar M., and Alam M.S. 2006. *Punica granatum* (pomegranate) flower extract possesses potent antioxidant activity and abrogates FeNTA induced hepatotoxicity in mice. Food Chemistry and Toxicology 44: 984-993.
18- Khattab M.M., Shaban A.E., El-shrief A.H., and El-deen Mohamad A.S. 2011. Growth and Productivity of Pomegranate Trees under Different Irrigation Levels. III: Leaf Pigments, Proline and Mineral Content. Horticultural Science and Ornamental Plants 3: 265-269.
19- Logan T.J., Goins L.E., and Jlidsay B. 1997. Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. Water Environmental Research 69: 28-33.
20- Marchner H. 1995. Mineral nutrition of higher plant, Second Reprint Academic press. pp: 6-73.
21- Martinez X.D. 2010. Effects of irrigation and nitrogen application on vegetative growth yield and fruit quality in peaches (*Prunus persica* L. Batsch cv. Andross) for processing, PhD thesis Lleida University Spain, 136 p.
22- Miguel M.G., Neves M.A., and Antunes M.D. 2010. Pomegranate (*Punica granatum* L.): A medicinal plant with myriad biological properties - A short review. Journal of Medicinal Plants Research 4(25): 2836-2847.
23- Mosavei S.A., Ttarie M., Mehnatkesh M., and Hagegei B. 2003. Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars toWater Deficit Quarterly. Seed and Plant Improvement Journal P: 551-567. (In Persian)
24- Mostashari M., Behnami A., and Khosravinejad A. 2011. Investigation of nutrition disorders in Saadat Abad orchard in Qazvin. 3th national conference on green area. Qazvin. 10pp.
25- Pugnine F.I., Endols N.S., and Pardos G. 1994. Constraints by water stress on plant growth, Handbook of Plant and Crop Stress. New York. P: 445.
26- Serraj R., Krishanamurthy L., Kashiwagi J., Kumar J., Chandra S., and Crouch J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum*) grown under terminal drought. Field Crops Research 88: 115-127.
27- Tabatabaee S.S., Razazi A., Khoshgoftarmanesh A.H., Khodaeian N., Mehrabi Z., Asgari E., Fathian Sh., and Ramezanzadeh F. 2011. Effect of Fe-Deficiency on Uptake, Concentaration and Translocation of Fe, Zn, Mn in Some Plants with Different Fe-efficiency in Hydroponics Culture Journal of Water and Soil 25(4): 728-735. (In Persian with English abstract)
28- Taiz L., and Zeiger E. 2006. Plant physiologh. Fourth Edition Sinauer Associates Inc: Publishers Sunderland Massachusetts. P: 738.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 355-365
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۶۵-۳۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Selection of Six Commercial Iranian Pomegranates (*Punica granatum* L.) Cultivars for Drought Stress Tolerance Based On Some Leaf Nutrient Elements

M. Esna-Ashari[1*]- E. Hassani Moghaddam[2]

Received: 28-07-2019
Accepted: 01-05-2021

Introduction: Iran has the most diverse and richest gene pool of pomegranate cultivars in the world. Drought is the most common environmental stress and the most important limiting factor of agricultural production in the world and limits production in almost 25% of the world's agricultural lands. One of the most harmful effects of dehydration stress is disruption of the process of absorption and accumulation of nutrients. Among nutrients, potassium is one of the most important cations required by plants, which has been reported to accumulate during osmotic stress. The role of this cation in osmotic regulation and stomatal control has been described. Due to the fact that drought stress is one of the limiting factors for agricultural production, therefore, research on the mechanism of plant resistance to water scarcity is important. Therefore, this study was conducted to investigate the response of six Iranian commercial pomegranate cultivars to drought stress based on the amount of some leaf nutrients.

Materials and Methods: The executive operations of this research were carried out in the research greenhouse of Lorestan Agricultural and Natural Resources Research Center with a temperature of 25 °C and a relative humidity of 70%. The experiments were performed due to similar climatic conditions of Lorestan and Kermanshah provinces. The plant materials used in this study were annual rooted seedlings of six pomegranate cultivars. This study is a factorial experiment with two factors: 1- Pomegranate cultivar in six levels (RababNeyriz, NaderyBadrood, ShishehcapFerdous, ArdestanyMahvelat, Malase Yazd and ShirinShavar Yazd) and 2- Drought stress in three levels including non-stress drought (80% of field moisture, control), moderate drought (60% of field moisture) and severe drought (40% of field moisture) were screened in a completely randomized design with three replications in the greenhouse. All data obtained from the experiments of this study were statistically analyzed by SAS-9.1 software and the comparison of the mean of the simple effect of the treatments was performed using Duncan's multiple range test. The comparison of the mean interaction of the treatments was performed by SAS and MSTAT-C software using Duncan's multiple range test. Graphs were drawn using Excel software.

Results and Discussion: The results of this study showed that the amount of nutrients in all studied cultivars was affected by drought stress, but the response to stress was different. The amount of nutrients of iron, zinc, copper, manganese, sodium and phosphorus based on dry weight decreased under drought stress conditions while the concentration of potassium under drought stress increased. Based on the results of this study, Rabab Neyriz and Malase Yazd cultivars had more tolerance to drought stress in terms of nutrient uptake compared to other cultivars, respectively. Highest levels of iron (126.9 $mg.g^{-1}$), zinc (39.9 $mg.g^{-1}$), copper (13 $mg.g^{-1}$), manganese (51.8 $mg.g^{-1}$) and potassium (2.11% was obtained from Rabab Neyriz cultivar. Therefore, the use of this cultivar in drought stress conditions is recommended. Among the studied cultivars, Naderi Badroud and Ardestani Mehvalat had the highest sensitivity to drought stress and Shirin Shahvar Yazd and Shishecap Ferdows cultivars showed moderate resistance in this regard.

Conclusion: Based on the results of this study, it showed that Rabab Neyriz and Malase Yazd cultivars have high tolerance to drought stress and are also able to show a better response to nutrient uptake under drought stress conditions. Between these two cultivars, Rabab Neyriz cultivar had higher absorption of iron, zinc, copper, manganese and potassium and was considered the superior cultivar in this regard.

Keywords: Dry weight, Field capacity, Iron, Zinc and Potassium

1- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.esnaashari@basu.ac.ir)
2- Ph.D. Graduate of Bu-Ali Sina University and Research Assistant of the Seed and Plant Certification Research Institute (SPCRI), Agricultural Research Education & extension organization (AREEO), Karaj, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.60222.0